

Максвелл и современная теоретическая физика

Н. Бор

Я чувствую себя польщенным тем, что мне предоставлена возможность отдать дань уважения памяти Джемса Клерка Максвелла, создателя электромагнитной теории, которая имеет такое существенно важное значение для работы каждого физика. В связи с этим юбилеем мы слышали выступления главы Тринити-колледжа и сэра Джозефа Лармора, которые очень авторитетно и обаятельно говорили об удивительных открытиях Максвелла и о его личности, а также о неразрывной традиции, сохраняемой здесь, в Кембридже, и связывающей жизнь и труды Максвелла с нашим временем. Хотя в мои ранние учебные годы я имел огромное преимущество пользоваться чарами Кембриджа и вдохновляться влиянием английских физиков, боюсь, что мне не удастся добавить что-нибудь достаточно интересное в этом отношении. Но мне, конечно, доставляет огромное удовольствие приглашение сказать несколько слов о связи между трудами Максвелла и последующим развитием атомной физики.

Я не буду говорить о фундаментальном вкладе Максвелла в развитие статистической механики и кинетической теории газов, о чем уже говорил профессор Планк, особенно в части плодотворного сотрудничества Максвелла с Больцманом. Я намерен только сделать несколько замечаний о применении электромагнитной теории к проблеме строения атома, где теория Максвелла не только была исключительно плодотворна в истолковании явлений, но дала

максимум того, что может дать какая бы то ни было теория, а именно способствовала различным предположениям и управляла развитием за пределами ее первоначальных рамок.

Я должен, конечно, быть весьма кратким в обсуждении применений идей Максвелла к атомной теории, что само по себе составляет целую главу физики. Я только напомним, с каким успехом идея об атомной природе электричества была включена в теорию Максвелла Лармором и Лоренцем и в особенности, как с ее помощью были объяснены явления дисперсии, в том числе замечательные особенности эффекта Зеемана. Я хотел бы также упомянуть о существенном вкладе в электронную теорию магнетизма, сделанном профессором Ланжевенем, которого, к великому сожалению, нет среди нас сегодня. Но больше всего я думаю в этой связи о влиянии, оказанном идеями Максвелла на сэра Джозефа Томсона в его основоположном труде по электронному строению материи — начиная с основной идеи об электромагнитной массе электрона и кончая его знаменитым методом подсчета электронов в атоме посредством рассеяния рентгеновских лучей, сохранившим свое значение до настоящего времени.

Развитие атомной теории, как известно, скоро вывело нас за пределы прямого и последовательного применения теории Максвелла. Однако я должен подчеркнуть, что именно возможность анализа явлений излучения благодаря электромагнитной теории света привела к признанию существенно новых особенностей в законах природы. Фундаментальное открытие кванта действия Планком заставило радикально пересмотреть все наши представления в естественных науках. И все же при таком положении теория Максвелла продолжала оставаться ведущей теорией. Так, соотношение между энергией и импульсом излучения, которое следует из электромагнитной теории, нашло применение даже в объяснении комптон-эффекта, для которого идея фотона Эйнштейна оказалась таким подходящим средством учета заметного отклонения от классических представлений. Теория Максвелла не перестала использоваться в качестве направляющего начала и на позднейшей стадии развития атомной теории. Хотя фундаментальное открытие лордом Резерфордом атомного ядра, приведшее к замечательному завершению наших представлений об атоме, ярче всего обнаружило ограниченность обычной ме-

ханики и электродинамики, единственным путем развития в этой области осталось сохранение возможно более тесного контакта с классическими идеями Ньютона и Максвелла.

На первый взгляд может показаться, что здесь необходимо было какое-то существенное видоизменение теории Максвелла, и было даже предложено добавить новые члены к знаменитому уравнению Максвелла для электромагнитного поля в свободном пространстве. Но теория Максвелла оказалась слишком последовательной и слишком изящной, чтобы допускать такого рода модификацию. Может только возникнуть вопрос об обобщении теории в целом или, скорее, о переводе ее на новый физический язык, приспособленный для того, чтобы учесть существенную неделимость элементарных процессов таким образом, чтобы каждая особенность теории Максвелла нашла соответствующую особенность в новом формализме. За последние несколько лет эта цель действительно была в значительной степени достигнута замечательным развитием новой квантовой механики, или квантовой электродинамики, связанной с именами де Бройля, Гейзенберга, Шредингера и Дирака.

Когда приходится слышать как физики в наши дни толкуют об электронных волнах и о фотонах, может показаться, пожалуй, что мы полностью оставили почву, на которой строили Ньютон и Максвелл. Но мы все, я думаю, согласимся, что такие понятия, как бы плодотворны они ни были, не могут никогда представлять что-либо большее, чем удобное средство выражения следствий квантовой теории, которые не могут быть представлены обычным способом. Не следует забывать, что только классические идеи материальных частиц и электромагнитных волн имеют недвусмысленное поле применения, между тем как понятия фотона и электронных волн его не имеют. Их применение существенно ограничивается случаями, в которых, учитывая существование кванта действия, невозможно рассматривать наблюдаемые явления, как независимые от приборов применяемых для их наблюдения. Мне хочется в качестве примера назвать наиболее яркое применение идей Максвелла, а именно электромагнитные волны в беспроводной передаче. Было бы чистым формализмом говорить о том, что эти волны состоят из фотонов, так как условия, при которых мы управляем передачей и приемом радио-

волн, исключают возможность определения числа фотонов, которое они должны содержать. В таком случае мы можем сказать, что всякие следы идеи фотона, которая по существу связана с перечислением элементарных процессов, совершенно исчезли.

Вообразим на минуту, в качестве иллюстрации, что новейшие экспериментальные открытия эффектов электронной дифракции и фотонов, которые так хорошо укладываются в символизм квантовой механики, были сделаны до работ Фарадея и Максвелла. Конечно, такое положение немыслимо, поскольку истолкование рассматриваемых экспериментов существенно основано на понятиях, созданных трудами этих ученых. Тем не менее позвольте принять такую воображаемую точку зрения и спросить: каково было бы в этом случае состояние науки? Я думаю, не будет преувеличением сказать, что мы были бы дальше от непротиворечивого взгляда на свойства материи и света, чем Ньютон и Гюйгенс. В самом деле, мы должны осознать, что недвусмысленное истолкование любого измерения должно быть по существу выражено в терминах классических теорий, и мы можем сказать, что в этом смысле язык Ньютона и Максвелла останется языком физиков на все времена.

Я не думаю, что это — подходящий случай для того, чтобы входить в дальнейшие подробности относительно этих проблем и для того, чтобы обсуждать новые взгляды. Однако в заключение я с удовольствием отмечаю то громадное напряжение, с которым весь научный мир следит за исследованиями в совершенно новой области экспериментальной физики, а именно за исследованиями внутреннего строения ядра, которые сейчас проводятся в Максвелловской лаборатории под великим руководством теперешнего кавендишского профессора. В том факте, что никто и здесь, в Кембридже, не склонен забывать трудов Ньютона и Максвелла, мы видим, пожалуй, лучший залог неременного успеха этих попыток. Даже если мы должны быть готовы к дальнейшему отказу от ставших привычными физических представлений, основные понятия физики, которыми мы обязаны великим учителям, несомненно окажутся незаменимыми также и в этой новой области физики.